

IP 방송제작 기술 14

SMPTE ST 2022-3

글. 조인준 KBS 미디어기술연구소 차장

지난 연재에서는 SMPTE ST 2022-2 'Unidirectional Transport of Constant Bit Rate MPEG-2 Transport Streams on IP Networks'에 관해 소개해드렸습니다. 표준문서 제목의 'Transport of Constant Bit Rate MPEG-2 Transport Streams'에서 알 수 있듯이 SMPTE ST 2022-2는 Constant Bit Rate(고정 비트율, 이하 CBR)의 비디오/오디오 데이터를 IP로 전송하는 방법에 관한 것입니다. 하지만 MPEG-2 TS(Transport Streams)는 CBR 모드만 있는 것이 아니라 Variable Bit Rate(가변 비트율, VBR) 모드도 있습니다. 그렇다면 SMPTE ST 2022 계열 표준으로는 VBR MPEG-2 TS의 IP 전송이 불가능한 것일까요? 이 문제에 대응하기 위해 VBR MPEG-2 TS를 위한 SMPTE ST 2022-3 'Unidirectional Transport of Variable Bit Rate MPEG-2 Transport Streams on IP Networks' 표준이 있습니다.

SMPTE ST 2022-3

SMPTE ST 2022-3는 CBR MPEG-2 TS의 IP 네트워크 전송을 위한 ST 2022-2와 달리 VBR MPEG-2 TS의 IP 네트워크 전송을 위한 표준입니다. 하지만 SMPTE ST 2022-3의 내용을 좀 더 들여다보면 단서 조항이 하나 있습니다. 아무 VBR MPEG-2 TS에 적용되는 표준이 아닌 'Piecewise Constant Variable Bit Rate'인 MPEG-2 TS에 적용되는 표준이라는 점입니다. 그런데 MPEG-2 TS가 'Variable Bit Rate'인데 'Piecewise Constant' 하다는 의미는 무엇일까요? 우선 MPEG-2 TS가 'Variable Bit Rate'가 되기 위해서는 비디오/오디오 데이터가 압축될 때 VBR 방식으로 압축되어야 합니다. VBR 방식의 비디오 데이터 압축은 길게 이어진 영상에서 단조로운 부분은 많이 압축하여 데이터양을 크게 줄이고, 복잡한 부분은 압축을 가볍게 하여 데이터양을 많이 감소시키지 않는 대신 화질 훼손을 줄이는 압축 방식입니다. 오디오 데이터도 VBR 방식의 압축이 가능하지만, 그 크기가 비디오 데이터에 비해 크지 않아서 MPEG-2 TS에 VBR 방식의 비디오 데이터를 싣는 경우에도 오디오는 CBR로 압축하는 경우가 많다고 합니다. 이렇듯 VBR 방식을 이용해 비디오/오디오 데이터의 복잡도에 따라 그때그때 압축률을 조절하면 해당 비디오/오디오 데이터를 싣는 MPEG-2 TS 역시 VBR이 되지만, MPEG-2 TS 패킷 중 PCR(Program Clock Reference)을 포함한 패킷 이후에만 'Bit Rate'가 바뀌는 것을 'Piecewise Constant Variable Bit Rate'라고 합니다. 이렇게 부르는 이유는 이미 감을

잡으셨겠지만 PCR을 포함한 패킷과 패킷 사이에서는 부분적으로 CBR처럼 보이기 때문입니다. 그렇다면 PCR이란 무엇일까요?

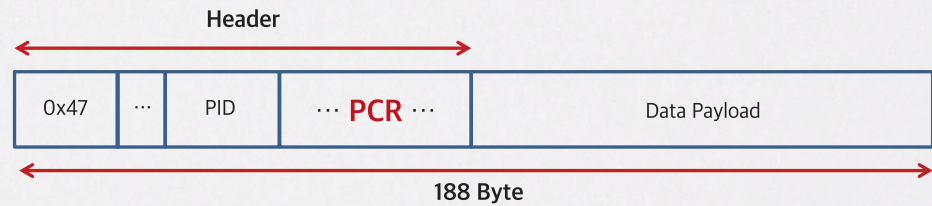


그림 1. MPEG-2 TS 패킷과 PCR (Program Clock Reference)

지난 연재를 통해 MPEG-2 TS는 [그림 1]과 같이 통상적으로 188byte로 된 패킷들의 연속이며, 각 패킷은 헤더와 데이터 페이로드로 구성되어 있음을 알려드렸습니다. 하지만 지난 연재에서 미처 설명하지 못한 내용 중 하나가 PCR에 관한 것입니다. PCR은 Program Clock Reference의 약자로 일종의 시간 정보이며, MPEG-2 TS 패킷 헤더 부분에 들어있습니다. 하지만 모든 MPEG-2 TS 패킷에 PCR 정보가 들어있지는 않으며, 최소 100ms마다 1회씩 PCR이 포함된 패킷이 MPEG-2 TS 안에 반복되면 됩니다. 그렇다면 MPEG-2 TS 패킷에 시간 정보가 왜 필요할까요? 이 질문에 대한 답을 위해서 [그림 2]를 보도록 하겠습니다.

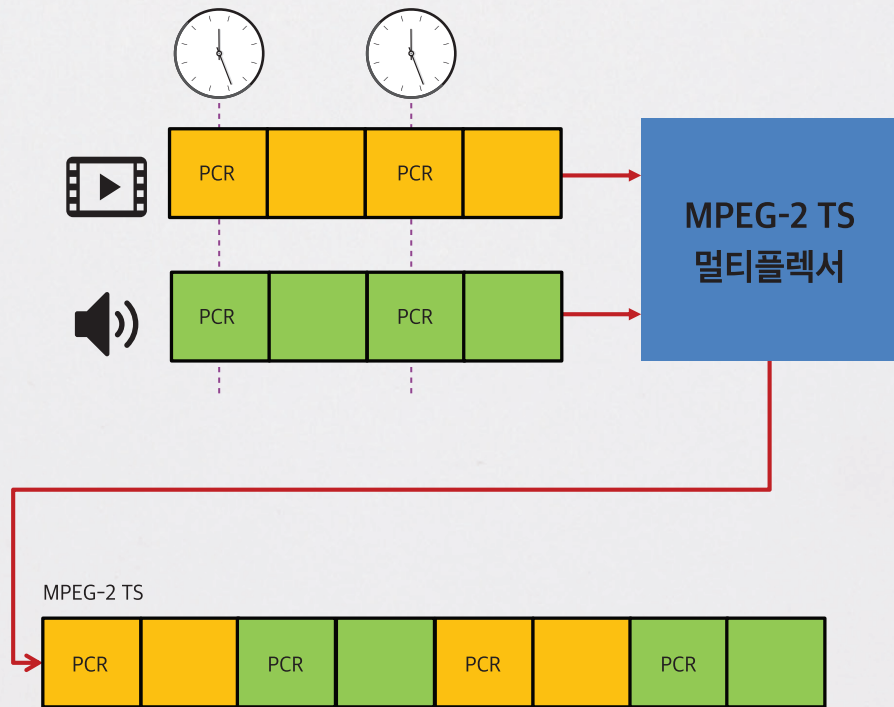


그림 2. 비디오/오디오 스트림 다중화와 PCR

콘텐츠를 MPEG-2 TS로 전송하거나 저장할 때는 [그림 2]와 같이 비디오/오디오 압축 데이터 각각을 MPEG-2 TS 패킷 포맷의 스트림으로 만든 후, 멀티플렉서를 통해 하나의 스트림으로 묶습니다. 이처럼 각기 다른 스트림을 하나로 묶으면 동시에 압축된 비디오 패킷과 오디오 패킷 중에 어떤 패킷은 앞에 오고, 어떤 패킷은 뒤에 오게 됩니다. 여기까지는 패킷에 시간 정보를 넣지 않아도 문제될 것이 없을 것 같습니다. 하지만, 이 MPEG-2 TS 패킷들을 받아서 비디오/오디오 압축을 풀어 콘텐츠 재생을 한다고 가정하면 난감한 문제가 발생합니다. 동시에 압축된 비디오/오디오는 동시에 재생이 되어야 하는데, 비디오/오디오 패킷이 섞이며 어느 비디오 패킷이 어느 오디오 패킷과 동시에 재생이 되어야 하는지 알 수가 없어진 것입니다. 이 문제를 해결하려면, [그림 2]와 같이 비디오/오디오의 재생 시간 동기화를 위한 시간 정보인 PCR을 MPEG-2 TS 패킷 생성 단계에서 각각의 패킷에 넣어주는 것입니다. 이렇게 PCR을 비디오/오디오 패킷에

넣어 저장하거나 전송하면, 재생 단에서 PCR 값을 보고 비디오/오디오 재생 동기화를 쉽게 구현할 수 있습니다. PCR은 모든 패킷에 넣을 필요는 없고 앞서 언급한 바와 같이 100ms에 1회 이상만 반복되게 하면 됩니다. 이제 PCR이 무엇인지 알았으니, PCR을 포함한 패킷 이후에만 'Bit Rate'가 변하도록 만들어진 MPEG-2 TS가 왜 'Piecewise Constant Variable Bit Rate'인 MPEG-2 TS가 되는지 독자 여러분 생각 속에 구체적 그림이 그려졌을 것 같습니다.

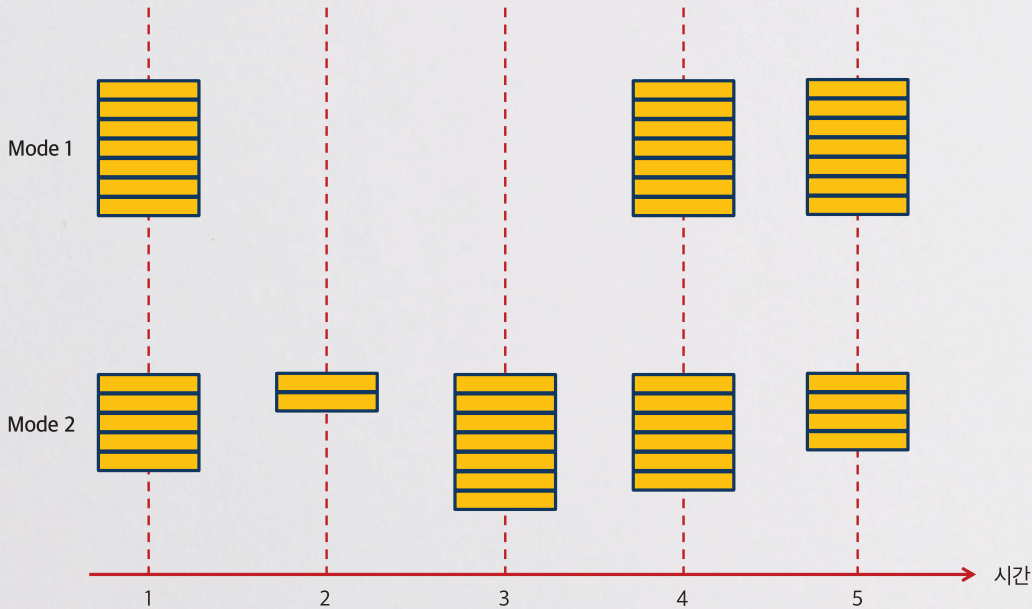


그림 3. SMPTE ST 2022-3 Mode 1 및 Mode 2

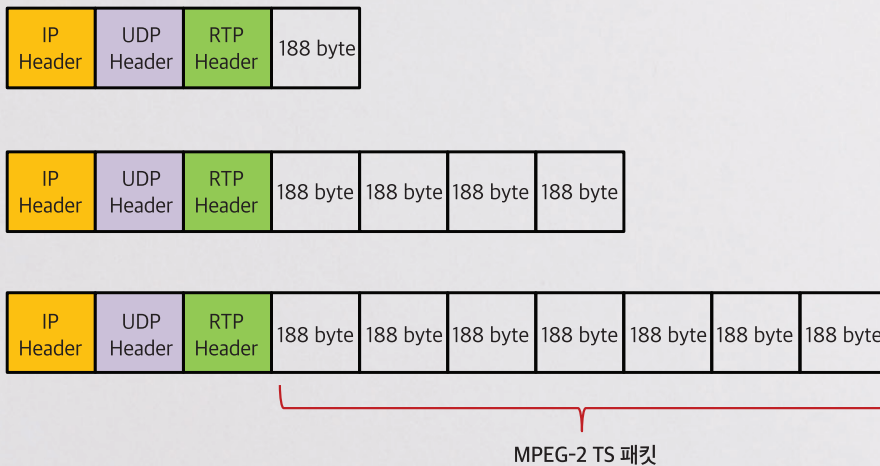


그림 4. SMPTE 2022-3 Mode 1 IP 패킷

그런데 'Piecewise Constant Variable Bit Rate'인 MPEG-2 TS를 전송하는 방법은 [그림 3]과 같이 Mode 1, Mode 2의 두 가지가 있습니다. Mode 1은 [그림 4]와 같이 1, 4 또는 7개의 MPEG-2 TS 패킷을 묶고 전송 주기를 변화시키며 VBR 전송을 구현하는 방법이고, Mode 2는 패킷의 전송 주기를 고정하고 MPEG-2 TS 패킷의 숫자를 변화시켜가며 VBR 전송을 구현하는 방법입니다. [그림 3]의 Mode 1과 Mode 2가 언뜻 보기에 부분적으로 CBR 특성이 없는 완전한 VBR처럼 보여 'Piecewise Constant Variable Bit Rate'가 정의하는 부분적 CBR 특성의 VBR과 상관이 없어 보일 수 있으나, 'Piecewise Constant Variable Bit Rate'라는 것은 PCR 패킷 사이 패킷들의 'Bit Rate'가 일정하게 유지되는 것이므로 [그림 3]과 같은 전송형태에서도 'Piecewise Constant Variable Bit Rate'가 가능할 수 있습니다.

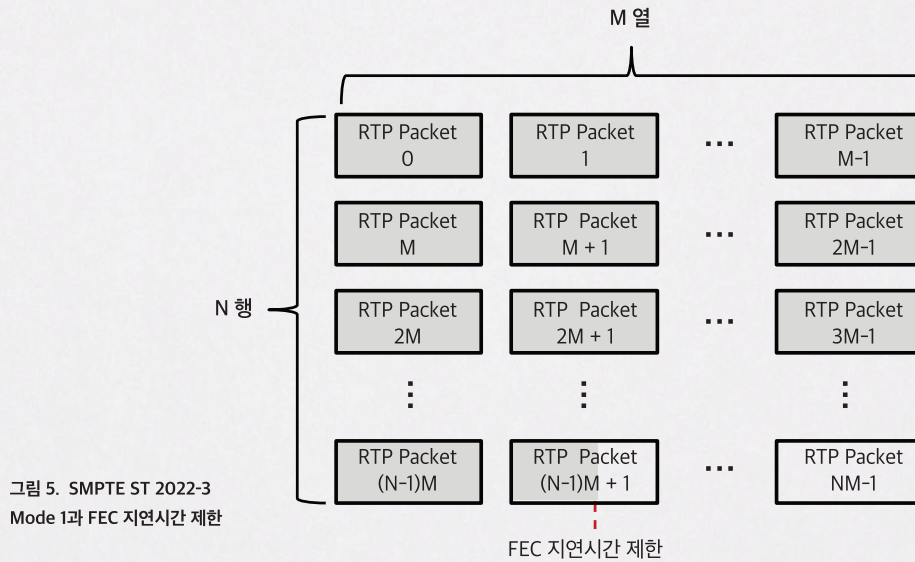


그림 5. SMPTE ST 2022-3
Mode 1과 FEC 지연시간 제한

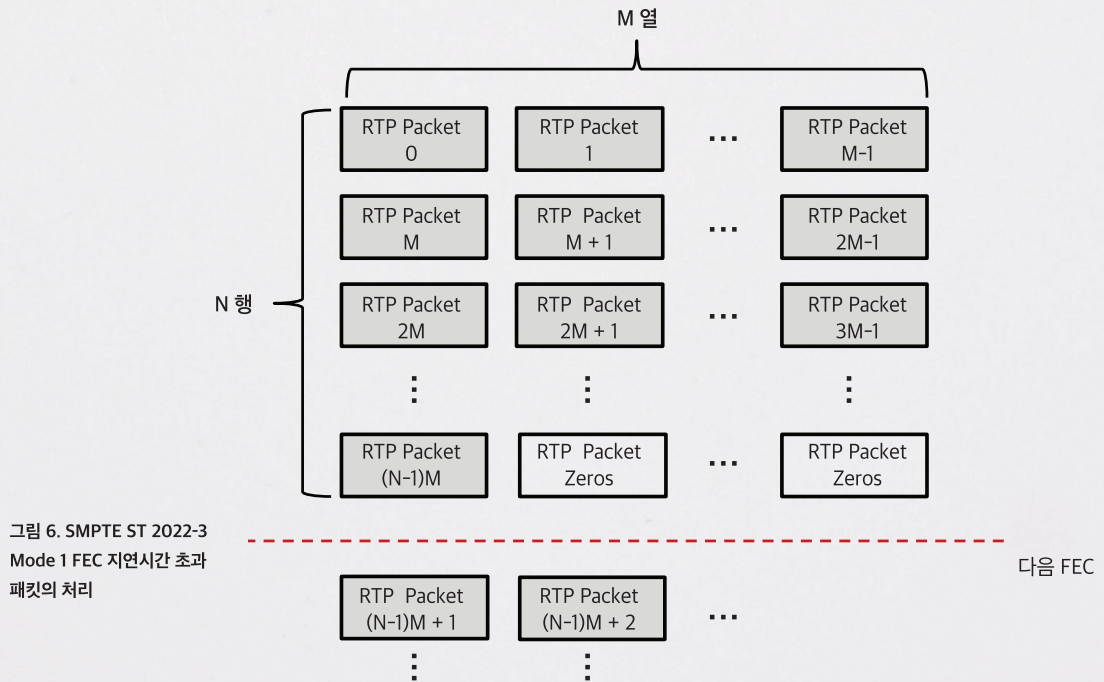


그림 6. SMPTE ST 2022-3
Mode 1 FEC 지연시간 초과
패킷의 처리

SMPTE ST 2022-3의 경우 Mode 1은 SMPTE ST 2022-1에서 정의한 FEC 방식에도 변화가 필요합니다. Mode 1은 FEC 지연시간의 한계를 정의하고 있어서 [그림 5]와 같이 1, 4, 또는 7개의 MPEG-2 TS 패킷을 묶은 RTP 패킷을 FEC를 위한 $M \times N$ 매트릭스에 다 채우기 전에 지연시간이 초과하면 [그림 6]과 같이 다 채우지 못한 RTP 패킷들을 다음 FEC를 위한 $M \times N$ 매트릭스에 넘기고 $M \times N$ 매트릭스의 빈자리는 모두 0으로 채워진 패킷들로 대체한 후 FEC 데이터를 만들어 RTP 패킷들과 함께 전송합니다.

지금까지 SMPTE ST 2022-3 'Unidirectional Transport of Variable Bit Rate MPEG-2 Transport Streams on IP Networks'에 대해 간단히 알아보았습니다.

다음 연재에서는 'Piecewise Constant Variable Bit Rate'인 MPEG-2 TS가 아닌 'Non-Piecewise Constant Variable Bit Rate'인 MPEG-2 TS의 IP 전송에 대한 표준을 담은 SMPTE ST 2022-4 'Unidirectional Transport of Non-Piecewise Constant Variable Bit Rate MPEG-2 Streams on IP Networks'에 대해 알아보도록 하겠습니다. 📺